Aus dem Zahnärztlichen Institut und dem Physiologisch-Chemischen Institut der Universität Berlin

Ueber das Verhalten des Mundspeichels bei Gesunden und Karieskranken

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der

Zahnärztlichen Doktorwürde

an der

Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

vorgelegt von

Chia-Chun Liang

aus Kanton (China)

Tag der Promotion: 20. 3. 1937

Druck: Karl u. Richard Hoffmann, Charlottenburg, Schillerstr. 44.

M 54

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Siebeck
Referent: Prof. Dr. H. Steudel

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Einleitung.

Die Zunahme der Zahnkaries in fast allen Kulturländern hat schon manche sorgenvolle Ueberlegung hervorgerufen und es sind schon zahlreiche Untersuchungen angestellt worden, um die Ursachen für diese höchst bedauerliche Erscheinung zu ergründen. Denn ist man erst genau über die Ursachen dieser Erkrankung orientiert, so wird es hoffentlich nicht allzuschwer sein, den Schädigungen, die die Zahnkaries mit sich bringt, erfolgreich entgegentreten zu können und Abhilfe zu schaffen. Es ist deswegen nicht erstaunlich, daß die Literatur über Entstehung und Verhütung der Zahnkaries recht umfangreich ist. Sie soll hier nur insoweit berücksichtigt werden, als sie für die nachfolgenden Untersuchungen wichtig ist.

Bei der Entstehung der Karies spielen die allerverschiedensten Faktoren eine Rolle; es kommt nicht nur die durch Erbanlage bedingte Struktur der Zähne in Frage, sondern es spielt auch die Ernährung sowohl während der Wachstumsperiode als auch im späteren Leben eine entscheidende Rolle. Nun lassen sich alle diese Faktoren am Lebenden nur schwer einzeln übersehen, weil hier immer ein Zusammenspiel aller Einflüsse stattfindet. Will man also in der Erkenntnis weiterkommen, so muß man erstens einfache und übersehbare Bedingungen schaffen und zweitens über die normalen Verhältnisse genau orientiert sein. Es kommt hinzu, daß jeder Untersuchungsmethode gewisse Grenzen gesetzt sind, über die hinaus Schlüsse zu ziehen nicht angängig ist. Diese Grenze zu beurteilen, setzt eine gewisse Erfahrung voraus. In manchen Arbeiten hat man wohl die Leistungsfähigkeit einer Methode gar zu optimistisch beurteilt. Wenn dann die

Erfahrungen der Praxis den Untersuchungen im Laboratorium nicht entsprachen, so hat man zu Unrecht die Methode verantwortlich gemacht, während in Wirklichkeit der Fehler im Optimusmus des Untersuchers zu suchen war.

Im Folgenden handelt es sich nun um elementare Fragen der physiologischen Chemie der Mundhöhle, über die vor allen Dingen erst einmal Klarheit zu gewinnen war. Es wurden zuerst Untersuchungen der Reaktion des Mundspeichels angestellt und zwar wurde vergleichend untersucht die Reaktion des Speichels bei gesunden und bei karieskranken Kindern und Erwachsenen. Alle Untersucher stimmen darin überein, daß die Milchsäure, die durch die Zersetzung stagnierender Kohlenhydrate in den Zwischenräumen zwischen den einzelnen Zähnen und in den Zahnfissuren entsteht, die letzte Ursache des Kariöswerdens der Zähne ist. Aber die feineren Vorgänge dieses Prozesses sind immer noch nicht befriedigend aufgeklärt. Denn die ganze Mundhöhle wird dauernd von einem Strom des Speichels durchgespült, der sicher den Hauptteil der Milchsäure neutralisiert oder entfernt. Ein Grund für das Kariöswerden könnte demnach in einer Veränderung des Speichels liegen, eine Abnahme seiner Alkalessenz könnte möglicherweise eine genügende Neutralisierung der Milchsäure verhindern. Es besteht aber auch die Möglichkeit, daß eine veränderte chemische Zusammensetzung des Speichels schuld an der Karieserkrankung wäre. Oder es ist auch denkbar, daß die Störung des Mineralstoffwechsels, die in der Speichelzusammensetzung Ausdruck findet, die Ursache des Kariöswerdens wäre. Hier kommt vor allen Dingen ein gegenüber dem Normalen veränderter Gehalt des Speichels an Kalzium und Phosphorsäure in Betracht. Diese Fragen sind jedenfalls ohne besondere Schwierigkeiten experimentell zu beantworten. In zweiter Linie kommt dann hinzu, falls sich hier Unterschiede auffinden lassen, zu prüfen, ob sie evtl. durch Vitamine oder Hormone bedingt sind und ob sie durch Verabreichung von solchen beeinflußbar sind. Die viel weiter ausgrei-

fende Fragestellung nach dem Einfluß von Vitaminen und Hormonen auf das Wachstum der Zähne und ihre Struktur sind im folgenden außer Acht gelassen. Diese Fragen haben schon eine eingehende Bearbeitung besonders durch M. Mellanby [1], [2], [3] gefunden. Nach ihr kommt es vor allem auf den Vitamingehalt der Nahrung an, nicht auf ein einzelnes Vitamin, sondern auf die vereinte Wirkung (besonders Vitamine A und D). Sie empfiehlt daher eine vitaminreiche Nahrung, z. B. Milch, Eier, Käse, tierische Fette, Fisch und Gemüse, schon für die werdende Mutter und ihre Versuche scheinen in der Tat diese Ansicht durchaus zu stützen.

Methodik und Ergebnisse der Untersuchungen.

Bei den folgenden Untersuchungen hat man großen Wert darauf gelegt, extrem ausgesprochene Fälle für Kariesresistenz und -anfälligkeit aufzufinden. Die erwachsenen Untersuchungspersonen waren ausschließlich Patienten und Kollegen vom Zahnärztlichen Institut. Um auch den Speichel der Kinder von ungefähr gleichem Alter zu untersuchen, habe ich mich einer der Schulzahnkliniken in der Umgebung von Berlin zugewendet, die die Schulkinder regelmäßig untersuchte. Hier habe ich je 12 kariesfrequente und -resistente Kinder gefunden. Dabei nahm ich nur diejenigen als Kariesresistente auf, die entweder ganz kariesfrei waren oder nur ganz leichte Fissurenkaries an den Sechsjahrmolaren aufwiesen.

Da es bekannt ist, daß die Reaktion des Speichels zu den verschiedenen Tageszeiten Unterschiede aufweist, habe ich den Speichel bei den klinischen Patienten immer 2—3 Stunden nach dem Frühstück und bei den Schulkindern kurz vor dem Mittagessen entnommen.

Der Speichel wurde vom Spendenden direkt in ein Gläschen eingespuckt, dessen Boden vorher mit Paraffinöl bedeckt war, um das Entweichen der Kohlensäure zu verhindern. Es wurde 5—6 ccm Speichel gesammelt, davon wurde 1 ccm für die pH- und je 2 ccm für die Kalzium-

und Phosphatbestimmung verwendet. Um nicht von den natürlichen Verhältnissen abzuweichen, wurde kein Reizmittel, sei es medikamentöser oder mechanischer Art, für erhöhte Speichelabsonderung angewandt.

Ueber die Reaktion des Speichels liegen hier schon verschiedene Mitteilungen vor, z. B. nach Ellenberger-Scheunert[4]) liegt die wahre Reaktion im Bereich pH = 6,0—7,3; dagegen haben Strebinger, Zornemann u. Pohle[5]) eine Spanne von 7,00—7,60 gefunden. Da in früheren Zeiten die älteren Untersucher nur die Reaktion gegen Lackmus geprüft haben, war man der Ansicht, daß der Speichel eine alkalische Reaktion hatte. Heute weiß man, daß die Reaktion auf Indikatoren von Wasserstoffionenkonzentration abhängig ist und man ist dazu übergegangen, die sogenannte aktuelle Reaktion (Wasserstoffionenkonzentration) zu bestimmen. Dabei hat es sich herausgestellt, daß diese meist schwach sauer ist, pH = 6,79—6,92 (Michaelis und Pechstein[6]). Die sauere Reaktion wird durch den Gehalt an CO_2 bedingt.

Es ergibt sich also der Unterschied einer Zehnerpotenz, die von den bisherigen Untersuchern nicht berücksichtigt worden ist. Wenn der Speichel dann noch geschüttelt wird, tritt die Veränderung des pH-Wertes noch schneller ein:

wenig geschüttelt: pH = 7,01
$^1/_2'$ geschüttelt: pH = 7,13
3' geschüttelt: pH = 7,42

Um die Einwirkung der Luft auszuschließen, habe ich den Speichel unter Paraffinöl aufgefangen und aufbewahrt. Dann bleibt der pH-Wert längere Zeit konstant:

sofortige Bestimmung: pH = 6,98
50' gestanden mit Paraffinöl überschichtet: pH = 6,98.

Um festzustellen, ob die körperlichen Bestandteile des Speichels Einfluß auf den pH-Wert haben, habe ich den Speichel unter flüssigem Paraffin 50' zentrifugiert, und ich fand keinen Unterschied zwischen den pH-Werten vor und nach dem Zentrifugieren.

Ich ging von der Möglichkeit aus, daß verschiedene Zahnpasten und Mundwässer verschiedene Wirkungen auf die Reaktion des Speichels haben. Dann wäre es notwendig, allen Untersuchungspersonen dieselbe Zahnpaste bzw. dasselbe Mundwasser für eine gewisse Zeit zu verordnen. Ich habe nun einige Zahnpasten und Mundwässer untersucht. Dabei habe ich keine nennenswerte und dauerhafte Wirkung gefunden. (Tabelle I.)

Tabelle I.

Wirkung von Zahnpasten und Mundwässer auf das pH des Speichels.

	vor Gebrauch	nach 5 Min.	nach 25 Min.	eigener pH-Wert
		Zahnpasten		
1	7,14	6,98	7,00	8,2
2	7,14	7,02	7,02	8,2
3	7,06	6,96	7,21	9,3
4	7,26	7,11	7,08	7,6
5	7,12	7,20	7,20	4,6
6	7,15	7,21	7,19	9,0
7	7,12	7,24	7,24	9,3
8	7,12	7,03	7,04	8,3
		Mundwässer		
1	7,19	7,18	7,14	4,0
2	7,14	7,10	7,06	8,4
3	6,90	6,76	6,91	7,3
4	6,80	6,80	6,78	7,2

Mit der von Prof. Schröder angegebenen Zahnpasta Nr. 5a habe ich einen besonderen Versuch gemacht. Ich putzte vor dem Schlafengehen die Zähne mit der Paste und rieb auch das Zahnfleisch mit der Paste ein, ohne auszuspülen. Am nächsten Morgen wurden die Zähne wieder mit der Zahnpasta geputzt und nach einer Stunde der pH-Wert des Speichels bestimmt. Diese Untersuchung wurde 1 Stunde nach dem Frühstück wiederholt. Das Resultat zeigt allerdings auch keine ungewöhnliche Aenderung.

		1 Std. nach dem Putzen:	1 Std. nach dem Frühstück:
Ohne Zahnpaste:	1. Tag	pH = 7,00	pH = 7,35
	2. Tag	pH = 6,88	pH = 6,95
Mit Zahnpaste:	3. Tag	pH = 6,81	pH = 6,82
	4. Tag	pH = 6,85	pH = 7,13

In dieser Beziehung habe ich auch die Wirkung von Nahrungsmitteln auf das pH des Speichels untersucht. Merkwürdigerweise beeinflussen Brot und Schinken den pH-Wert im entgegengesetzten Sinne, trotzdem beide sauer sind. Brot macht den Speichel saurer und Schinken alkalischer.

	Weißbrot	Schinken
pH des Speichels vor dem Kauen	6,99	7,04
pH des Speichels nach dem Kauen	6,61	7,28
pH des gekauten Nahrungsmittels	6,50	6,99
pH von Brei aus 1 g Nahrungsmittel und 2 g H_2O	5,60	6,35

Bei den gesunden Kindern fand ich pH = 6,64—7,70, durchschnittlich 7,10 und bei den kariesfrequenten Kindern pH = 6,48—7,38, durchschnittlich 6,95. Den Speichel der Erwachsenen habe ich in den meisten Fällen mehrere Male untersucht, und das Resultat zeigt deutlich, daß der pH-Wert des Speichels von ein und derselben Person zu denselben Tageszeiten aber an verschiedenen Tagen sehr unterschiedlich ist. Bei Kariesanfälligen fand ich eine Spanne von 6,60—7,58, durchschnittlich 7,03 und bei Kariesresistenten 6,93—7,43, durchschnittlich 7,18. (Tabelle II, 1; Tabelle III, Kolonne 2 und 6.)

Zur Kalziumbestimmung wandte ich die Methode nach Jendrassik und Takács[11]) mit dem Pulfrich-Photometer (Zeiss-Jena) an. Das Ergebnis zeigt erhebliche Schwankungen des Kalziumgehaltes des Speichels verschiedener Personen, und ebenso bei derselben Person an verschiedenen Tagen. Bei kariesanfälligen Erwachsenen ist der Kalziumgehalt des Speichels 2,7—5,5 mg%, durchschnittlich 3,9 mg% und bei kariesresistenten Erwachsenen

4,2—6,5 mg%, durchschnittlich 5,2 mg%. Es scheint fast so, als ob der Kalziumgehalt des Speichels bei Kariesresistenten höher wäre. Aber das Verhältnis bei den untersuchten Kindern ist umgekehrt. Während die kariesresistenten Kinder 2,0—7,4 mg%, durchschnittlich 4,4 mg% Kalzium haben, haben die kariesanfälligen 2,6—6,0 mg%, durchschnittlich 5,0 mg% Kalzium im Speichel (Tabelle II, 2; Tabelle III, Kolonne 3 und 7). Danach kann man annehmen, daß der Kalziumgehalt des Speichels wahrscheinlich keinerlei Beziehung zur Kariesfrequenz hat.

Den Phosphorgehalt des Speichels bestimmte ich auch mit Hilfe des Pulfrich-Photometers und zwar nach Chr. Bomskov[12]). Das Ergebnis zeigt deutlich, daß im Speichel der Kariesresistenten eine erheblich größere Menge von Phosphaten vorhanden ist. Der Phosphorgehalt beträgt bei kariesresistenten Erwachsenen 20,0 bis 23,2 mg%, durchschnittlich 21,6 mg% und bei kariesanfälligen 13,5—18,9 mg%, durchschnittlich 16,5 mg%. Bei den Kindern herrscht dasselbe Verhältnis. Die Kariesresistenten haben 15,1—25,2 mg%, durchschnittlich 22,5 mg% und die Kariesanfälligen 8,8—25,2 mg%, durchschnittlich 16,6 mg% Phosphor (Tabelle II, 3; Tabelle III, Kolonne 4 und 8). Der Phosphorgehalt des Speichels ist also bei den kariesresistenten Personen rund um 30 % höher als bei kariesanfälligen. Hier scheint die Bedeutung des Phosphors für die Kariesresistenz eindeutig zu sein.

Das Ergebnis der Untersuchungen Kersten's, Krasnow's und Krejci's[13]) stimmt in Bezug auf Phosphorgehalt im Speichel mit meinen überein. Pickerill[14]) schreibt den im Speichel vorkommenden Phosphaten eine kariesverhütende Wirkung zu: „Die Salze, welche der Phosphor mit Ca und Mg, vielleicht auch mit anderen Elektrolyten des Speichels, bildet, besitzen die Fähigkeit, Milchsäure zu binden, indem sie deren Salze bilden (Laktate)."

Es besteht auch die Vermutung, daß der Phosphor in Form von Natriumphosphat dem Speichel ein besseres Lösungsvermögen für Mucinbelag verleiht.

Tabelle II.

Speicheluntersuchungen bei Erwachsenen.

								Durchschnitt	Gruppendurchschn.
1. a) pH-Bestimmungen bei Kariesanfälligen									
K.	6,70	7,62	7,02	6,64	7,02	6,66		6,98	
S.	6,80	7,01	6,82	6,60	6,60	7,34	6,55	6,83	
Em.R.	7,56							7,56	
Ed.R.	7,45	7,58	6,72	6,93	7,09	7,06	7,11		7,03
	7,34	7,20	7,25					7,17	
F.R.	6,89	6,87						6,88	
F.	6,80							6,80	
b) pH-Bestimmungen bei Kariesimmunen									
A.	6,93	7,06	7,12	7,33	7,43			7,19	
Y.	7,27							7,27	7,18
L.	7,02	7,14	7,14	7,02				7,08	
2. a) Ca-Bestimmungen bei Kariesanfälligen (in mg%)									
K.	4 0	4,0	3,7	3,5				3,8	
S.	5,5	5,0	4,5	6,0				4,9	
Ed.R.	3,0	3,5	4,0	2,7				3,3	3,9
F.	3,4							3,4	
b) Ca-Bestimmungen bei Kariesimmunen (in mg%)									
A.	3,4	4,5	5,6	4,2				4,4	
Y.	4,6							4,6	5,2
L.	6,4	6,5						6,5	
3. a) P-Bestimmungen bei Kariesanfälligen (in mg%)									
K.	13,4	12,8	13,2	13,4	14,4			13,5	
S.	20,7	17,9	17,7	17,7	19,4			18,7	16,5
Ed. R.	15,9	14,4	14,6					15,0	
F.	18,9							18,9	
b) P-Bestimmungen bei Kariesimmunen (in mg%)									
A,	23,7	16,9	17,3	22,2				20,0	21,6
L.	23,2	23,2						23,2	

Tabelle III.

Speicheluntersuchungen bei Kindern zwischen 9 und 13 Jahren.

Kariesanfällige				Kariesimmune			
1	2	3	4	5	6	7	8
Name	pH	Ca (mg %)	P (mg %)	Name	pH	Ca (mg %)	P (mg %)
P.	7,38	5,5	21,4	E.	6,64	7,4	19,7
D.	6,80	4,6	20,7	L.	7,02	4,5	17,9
Pr.	6,85	5,7	25,2	Li.	6,98	2,2	25,2
M.	6,87	7,5	17,2	F.	7,21	8,0	16,1
K.	0,00	8,0	10,2	S.	6,69	4,7	18,4
Lis.	0,00	5,5	17,2	T.	7,12	3,1	25,2
K.	6,48	3,1	8,8	Ta.	7,19	2,0	22,4
G.	6,99	2,6	10,8	B.	7,18	4,5	20,0
Sc.	7,02	7,7	0,00	Ko.	7,16	3,4	15,1
To.	6,98	2,8	13,6	Gr.	6,85	3,6	25,0
St.	6,71	2,6	13,6	Bi.	7,70	9,8	00,0
Ge.	7,37	4,3	25,6	Br.	7,47	2,0	15,2
Durchschnitt:	6,95	5,0	16,6	Durchschnitt:	7,10	4,4	22,5

Zusammenfassung.

1. Die Azidität des Speichels ändert sich an der Luft durch Verlust von Kohlensäure.

2. Die meisten Zahnpasten und Mundwässer haben keine bedeutende Wirkung auf den pH-Wert des Speichels.

3. Die Wasserstoffionenkonzentration und der Kalziumgehalt haben keine nachweisbare Beziehung zur Kariesfrequenz.

4. Der Phosphorgehalt des Speichels bei Kariesresistenten ist rund um 30 % höher als bei Kariesanfälligen.

Vorliegende Arbeit wurde auf Veranlassung und unter Leitung von

Herrn Prof. Dr. H. Schröder

und

Herrn Prof. Dr. H. Steudel

im Zahnärztlichen Institut und Physiologisch-chemischen Institut der Universität Berlin ausgeführt.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, auch an dieser Stelle meinen hochverehrten Lehrern für die vielseitige Förderung und die liebenswürdige Unterstützung bei der Ausführung dieser Arbeit meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Literaturnachweis.

1. M. Mellanby: The Influence of Diet on the Structure of Teeth, Physiol. Reviews, 8, 4, 1928.
2. — The Action of Vitamin D in Preventing the Spread and Promoving the Arrest of Caries in Children, British Medical Journ. Dec. 1928.
3. — Diet and Teeth, an experimental Study, London, 1929.
4. Ellenberger: Verdauung, in Trendelenburg. u. Loewy: Lehrbuch d. Physiologie des Menschen, Leipzig 1924.
5. Kantorowicz: Handwörterbuch, IV, S. 2788, Berlin 1931.
6. Michaelis: Die Wasserstoffionenkonzentration, Berlin 1922.
7. Zitiert nach Misch: Lehrbuch der Grenzgebiete der Medizin und Zahnheilkunde, Leipzig 1923.
8. D. A. Entin und M. K. Geikin: Beiträge zur Kariesforschung; III. Mitteilung, Ueber den Phosphorgehalt im Speichel. D. Mschr. f. Zhkd. **46**, H. 16, 1928.
9. Becks: Ergebnisse neuerer Speicheluntersuchungen. Sammlg. Meusser, H. 20, Berlin 1929.
10. Mario Bergamin: Referat in der Zahnärztlichen Rundschau H. 16, 1933.
11. L. Jendrassik und F. Takács: Photometrische Methode zur Bestimmung des Calciums und der Oxalsäure, Biochem. Z. **274**, H. 3—4, 1934.
12. Chr. Bomskov: Ueber organische Phosphorverbindungen im Blut, Hoppe-Seylers Z. f. physiolog. Chemie 210, S. 67, 1932.

13. M. Karshan, F. Krasnov u. L. Krejci: A Study of Blood and Saliva in Relation to Immunity and Susceptibility to Dental Caries, The Journal of Dental Research, II, S. 4, 1931.
14. Pickerill: The Prevention of Dental Caries and Oral Sepsis, New York, 1924.

Lebenslauf.

Am 18. März 1909 wurde ich, Chia Chun Liang als Sohn des Zahnarztes Dau An Liang in Kanton geboren. In Wuchang besuchte ich die Grundschule und anschließend in Peping das Gymnasium. Mit dem Reifezeugnis studierte ich 1926—1930 an der Nan-Kai-Universität zu Tientsin und 1930—1932 an der Wu-Han-Universität zu Wuchang, wo ich 1932 die Diplomprüfung für Chemie ablegte. Ab Wintersemester 1932—33 studierte ich Medizin und Zahlheilkunde an der Universität zu Tübingen, München und Berlin. Im Frühjahr 1937 bestand ich das zahnärztliche Staatsexamen in Berlin.